



“Rakin: Desarrollo de una herramienta digital para promover el desarrollo de habilidades matemáticas iniciales”

José Pablo Escobar¹, Victoria Espinoza¹ y Evelyn Vera²

¹Centro de Desarrollo de Tecnologías de Inclusión de la Pontificia Universidad Católica de Chile, CEDETi-UC

²Escuela de Psicología de la Pontificia Universidad Católica de Chile

El desarrollo de esta herramienta fue financiado gracias al aporte del **Proyecto ED230056** de la **Agencia Nacional de Investigación**.

Agradecemos al equipo de profesionales del proyecto Rakin: Nicol Fernández, Sebastián Alfaro, Ignacio Zamorano, Marion Garolera, Almudena Rascón, Héctor Cumilaf y Felipe Porflitt.

Resumen

Rakin es una herramienta diseñada para promover el aprendizaje de las habilidades matemáticas iniciales de manera inclusiva. El uso de herramientas tecnológicas basadas en juego ha demostrado tener un impacto positivo en el aprendizaje de habilidades matemáticas básicas, cuando se ocupa como complemento de metodologías tradicionales. El presente artículo describe tanto la aplicación desarrollada como las distintas etapas de su desarrollo, considerando los diversos elementos que hacen de Rakin una herramienta que permite apoyar el aprendizaje de las matemáticas desde una perspectiva inclusiva, promoviendo el interés de niños y niñas por las ciencias. Se reflexiona respecto de la necesidad de contar con herramientas digitales que permitan ampliar las opciones didácticas y sirvan de apoyo a las metodologías tradicionalmente utilizadas en Educación Parvularia.

Palabras clave: *Matemática inicial, Educación Parvularia, Educación Inclusiva, Mujeres en las ciencias.*





Dificultades en el aprendizaje de las matemáticas

Las habilidades matemáticas son esenciales para la eficacia de distintas tareas de la vida cotidiana, puesto que influyen en el funcionamiento adaptativo a lo largo de la vida. Las dificultades de aprendizaje en el área matemática suponen una serie de problemas para los individuos, observándose un impacto negativo de éstas no solo en el desempeño en la etapa escolar (Fastame, 2020; Santos et al., 2022) sino que también durante la vida adulta, condicionando tanto oportunidades educativas como laborales (Vigna et al., 2022). Investigaciones comparativas reportan que, aunque los escolares chilenos obtienen mejores puntajes en matemáticas que otros países de la región, su desempeño sigue siendo bajo lo esperado, por lo que es necesario buscar estrategias para fortalecer el desarrollo de las habilidades matemáticas (Arias, 2020; Diaz-Pinzón, 2021). Las mediciones nacionales aportan evidencia respecto de esta problemática mostrando que la mayoría de los estudiantes de enseñanza básica y media presentan dificultades al realizar cálculos aritméticos básicos (Agencia de Calidad de la Educación, 2019).

Existen diversos factores que determinan la presencia de brechas en el desempeño matemático, tales como el género (Mizala, 2018; Vargas & Matus, 2022), el nivel socioeconómico (Escobar et al., 2018) y la discapacidad intelectual y auditiva (Blackbordy & Knokey, 2006; Noorian et al., 2013, Wei et al., 2013). Estas diferencias son tan importantes, que en muchos casos actúan como predictoras del desempeño a lo largo de las trayectorias académicas de los estudiantes (Rosas & Santa Cruz, 2013), por lo que se hace necesario generar estrategias de intervención accesibles que permitan disminuir las brechas de manera temprana y dotar a niñas y niños de igualdad de oportunidades educativas.

Distintas investigaciones han tratado de identificar aquellas variables cognitivas y de aprendizaje que mejor puedan predecir el desempeño matemático en etapas previas a la escolarización (Cirino, 2011; Nogues & Dorneles, 2021). Esto con el objetivo de poder estimularlas de manera temprana y así, permitir que los estudiantes puedan enfrentar con mayor grado de preparación las exigencias que supone el aprendizaje matemático formal (Kucian, 2021). Si bien los modelos clásicos se centran en habilidades como la clasificación, seriación y conservación de cantidad (Piaget, 1981), las investigaciones contemporáneas suman otras variables cognitivas tales como la numerosidad, la comparación de magnitudes y el conteo (Aragón et al., 2021; Liu & Zhang, 2022; Seitz & Weinert, 2022).





Rakin: Desarrollo de una herramienta digital para promover el desarrollo de habilidades matemáticas iniciales

La promoción del desarrollo de las habilidades precursoras es fundamental para la comprensión de los aprendizajes matemáticos formales. Existe evidencia que indica que la estimulación de habilidades cognitivas precursoras del desarrollo matemático favorece mejores desempeños tanto concurrente como longitudinalmente (*Passolunghi & Costa, 2016; Raghubar & Barnes, 2017*).

Adicionalmente, los modelos contemporáneos de explicación del desarrollo matemático han dejado atrás las nociones clásicas de etapas de desarrollo (*ej., estadios*), como secuencias rígidas y universales y están más a favor de modelos que integran distintas habilidades que emergen como consecuencia de la interacción entre el desarrollo y el aprendizaje (*Fritz et al., 2017*).

¿Cuál es el rol de la tecnología en la situación actual?

Dentro de las distintas posibilidades existentes para dar respuesta a la necesidad de estimular las habilidades matemáticas iniciales, se ha planteado el uso de herramientas tecnológicas como una opción atingente que facilita el acceso y aumenta la motivación y el compromiso por parte de los estudiantes. La evidencia ha demostrado que las estrategias de estimulación mediadas por tecnología son efectivas para potenciar aprendizajes escolares (*Chambers, 2020; Talan, 2020*), ya que permiten representar el conocimiento de distintas formas, por ejemplo, a través de audio, video, animación e imagen, permitiendo representar el conocimiento de forma multimodal (*Danielsson & Selander, 2016; Jewitt, 2012*). Históricamente, la evidencia que sustenta el uso de aplicaciones tecnológicas en contextos educativos está basada en un modelo de Enseñanza y Práctica (*drill and practice*) que influye hasta nuestros días y es llamada edutainment (*Jarvin, 2015*). El edutainment combina la educación con el entretenimiento, apoyándose en el uso del computador. Si bien es una perspectiva que recupera los aspectos motivacionales del juego y los combina con el aprendizaje, el foco está en la memorización de la información dejando fuera aspectos cognitivos de mayor complejidad involucrados en el aprendizaje (*Krathwohl, 2022*). Por lo tanto, los recursos tecnológicos basados en este modelo tienen una importante limitación: son poco flexibles, mecánicos y repetitivos, atributos que, si bien son deseados en etapas iniciales del aprendizaje, o en la intervención temprana de población con algún compromiso





Rakin: Desarrollo de una herramienta digital para promover el desarrollo de habilidades matemáticas iniciales

cognitivo, son cualidades más propias del mundo médico y de la rehabilitación cognitiva y resultan menos eficaces para el desarrollo progresivo de nuevas habilidades. En este sentido y de forma complementaria a la utilización de estrategias basadas en el edutainment surgen alternativas como el modelo de escritorio virtual.

El modelo de escritorio virtual para el desarrollo de aplicaciones tecnológicas tiene en su centro la flexibilidad. Esta flexibilidad puede ser verificada a distintos niveles, incluyendo la personalización o ajustes que pueden hacer los usuarios para mejorar la visión, audición, movimientos o gestos para interactuar con la interfaz tecnológica, así como la variedad y niveles de las actividades pedagógicas que permite la aplicación, lo que constituye el núcleo de la propuesta de modelo de escritorio virtual. Al igual que en un escritorio físico, en donde al alcance de la mano hay distintas herramientas para crear, el escritorio virtual de la interfaz tecnológica facilita de forma lúdica esas herramientas para estimular aprendizajes. El componente lúdico en el modelo también juega un rol relevante, dado su documentado rol como facilitador (*Colliver & Veraksa, 2019*) y zona de desarrollo próximo para el aprendizaje (*Veraksa et al., 2022*).



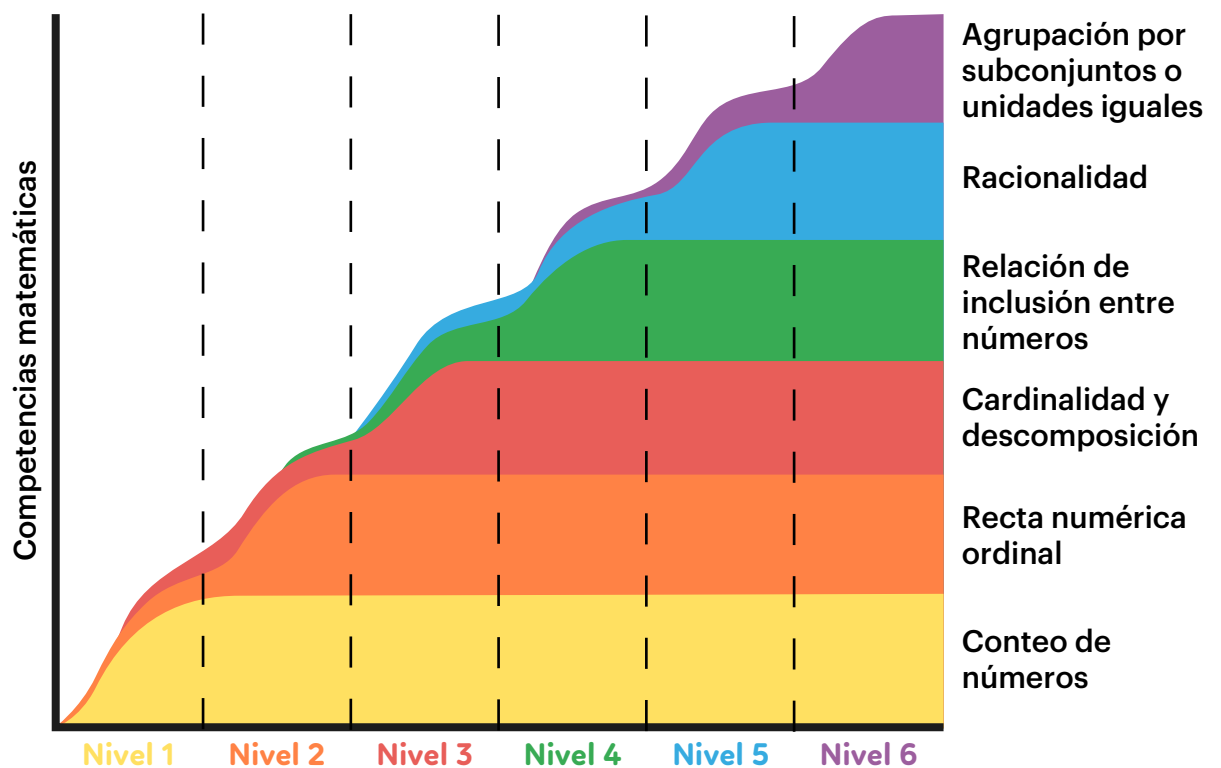


Rakin: Desarrollo de una herramienta digital para promover el desarrollo de habilidades matemáticas iniciales

¿Qué es Rakin?

Rakin es una palabra de origen Mapuche, pueblo originario que habita al centro sur de Chile y Argentina, que significa contar. Este es el nombre de una aplicación diseñada para la estimulación lúdica de habilidades matemáticas en niños y niñas de Educación Parvularia. Esta aplicación está basada en el modelo de escritorio virtual a través del cual es posible diseñar distintas actividades orientadas a la estimulación de habilidades matemáticas tempranas. Desde el punto de vista teórico se sustenta en un modelo cognitivo del desarrollo matemático descrito por Fritz et al. (2017), el cual propone que el desarrollo matemático no se da por etapas aisladas, sino que a lo largo de diversas fases que, al igual que las olas, se superponen para lograr el aprendizaje de conceptos matemáticos cada vez más complejos (Ver figura 1).

Figura 1
Modelo del desarrollo de los conceptos matemáticos





Rakin: Desarrollo de una herramienta digital para promover el desarrollo de habilidades matemáticas iniciales

El modelo cuenta con 6 niveles que describen el desarrollo matemático temprano. El logro fundamental del nivel I “Conteo de números” es el aprendizaje de la secuencia numérica y su uso para realizar tareas de conteo por medio de la correspondencia uno a uno. En el nivel II “Recta numérica ordinal” hay que comprender que cada número tiene una posición fija dentro de la recta numérica, considerando la existencia de un antecesor y un sucesor y la comprensión de que a medida que se avanza en la recta los números son más grandes. En el nivel III “Cardinalidad y descomposición” se comprende que los números son unidades cardinales que pueden ser compuestas y descompuestas. En este nivel se logra la comprensión de las relaciones entre los subconjuntos que componen los números, y la relación entre los subconjuntos y el total. El desarrollo esencial del nivel IV “Relación de inclusión entre números” consiste en la adquisición del concepto de parte-parte-todo. La relación entre los subconjuntos de un total y el total se puede comprender sobre la base del concepto de cardinalidad y sobre la comprensión de que los números son unidades compuestas. En el nivel V “Relacionalidad” los niños comprenden que, independientemente de la posición en la recta numérica, la distancia entre un número y su antecesor o sucesor es siempre uno. Este conocimiento permite determinar con precisión las diferencias entre dos conjuntos, estableciendo la cantidad exacta. Y finalmente, en el nivel VI “Agrupación por subconjuntos o unidades iguales” hay que comprender que los números se pueden dividir en partes iguales considerando distintas formas de descomposición, subconjuntos que a su vez se pueden unir para formar el todo. Para el logro de este nivel, es crucial que los números puedan entenderse como una unión de partes iguales o paquetes.

Los 6 niveles descritos superan las habilidades básicas necesarias de ser trabajadas en la etapa de Educación Parvularia, y como Rakin se enfoca principalmente en la adquisición de las habilidades matemáticas iniciales, solo se centra en las tres primeras olas o niveles. Además, cuenta con un nivel basal enfocado al desarrollo de habilidades cognitivas básicas que sustentan el aprendizaje específico de las matemáticas. Este nivel basal se diseñó sobre la base de lo propuesto en las Bases Curriculares de la Educación Parvularia (*Ministerio de Educación de Chile, 2018*). Además, las trayectorias de aprendizaje planteadas en el modelo de olas superpuestas también coinciden con lo descrito en el programa de educación nacional. De esta forma, se garantiza que Rakin pueda ser utilizada en contextos de Educación Parvularia e incluso para reforzar contenidos en etapas de Educación Básica inicial.





Rakin: Desarrollo de una herramienta digital para promover el desarrollo de habilidades matemáticas iniciales

¿Qué actividades se pueden realizar con Rakin?

Rakin se caracteriza por ser un escritorio virtual que permite la flexibilidad suficiente para realizar actividades matemáticas tempranas con foco en el desarrollo de diversas habilidades. Las distintas funcionalidades de la aplicación permiten reforzar habilidades cognitivas básicas como la seriación, la clasificación y la categorización, además de permitir la realización de actividades para promover la adquisición del concepto de número, el conteo, las nociones de ordinalidad y cardinalidad, además del desarrollo de habilidades de operatoria básica a nivel de adición y sustracción.

Aunque algunas de las funcionalidades de Rakin pueden ser utilizadas de manera independiente por los niños, la aplicación está pensada para ser utilizada junto a un mediador. Investigaciones previas han descrito que los beneficios del uso de aplicaciones educativas aumentan cuando se trabaja con un guía o mediador, sin que necesariamente este tenga que ser un profesor (McTigue et al., 2019). Por otra parte, el uso de la aplicación en conjunto puede constituir un espacio de encuentro entre los niños, sus padres y educadores.

¿Cómo es Rakin?

La aplicación está organizada en cuatro módulos: escritorio virtual, juegos, biografías de mujeres en ciencia y aportes matemáticos de pueblos latinoamericanos (ver figura 2).



Figura 2
Pantalla de inicio de Rakin considerando sus módulos.





Rakin: Desarrollo de una herramienta digital para promover el desarrollo de habilidades matemáticas iniciales

Para dar una narrativa a Rakin, se pensó en la metáfora de los ámbitos del conocimiento científico: ciencias naturales, tecnología, astronomía y sustentabilidad. De este modo, cuando el usuario ingresa a cualquier módulo el contenido está organizado de acuerdo con alguno de estos ámbitos. Por ejemplo, las biografías de mujeres en ciencia se organizan por sus aportes a la tecnología, sustentabilidad o astronomía. El escritorio virtual y los aportes matemáticos de pueblos latinoamericanos mantienen el patrón. La presentación de los juegos también sigue esta lógica, aunque en este caso a cada nivel de desarrollo del conocimiento matemático se le asignó de manera aleatoria un ámbito de conocimiento científico: los juegos orientados a promover el desarrollo del nivel basal se relacionan con la astronomía, aquellos orientados al desarrollo del conteo (*nivel I*) se enmarcan en el contexto de la biología, los juegos enfocados en el desarrollo de la comprensión de la ordinalidad (*nivel II*) se contextualizan desde la sustentabilidad y, finalmente, los que se orientan al desarrollo de habilidades de cardinalidad y descomposición (*nivel III*) se plantean desde una narrativa de la tecnología.

A continuación, se describen los distintos módulos y funcionalidades de Rakin:

1. Escritorio virtual o mesita de trabajo

Este es el centro de la aplicación y principal elemento con el que se pueden diseñar las actividades. Este escritorio cuenta con los siguientes elementos y funcionalidades:

Imágenes manipulables. Se decidió crear un conjunto de imágenes, organizadas y categorizadas en los mundos antes mencionados, a través de los cuales se pueda ejercitar las habilidades matemáticas tempranas. Las imágenes son un componente esencial en la aplicación ya que con ellas se pueden trabajar las distintas estrategias de aprendizaje y desarrollo matemático. Al presionar la imagen dentro del escritorio es posible cambiar algunos de sus atributos, por ejemplo, se pueden achicar o agrandar, agregar o quitar, así como cambiar de color.

Herramientas complementarias. Hay un menú con herramientas tales como lápiz, que permite hacer trazos de distinto grosor y color y borrarlos si es necesario; brocha, que permite cambiar el color original de las imágenes al aplicarles un filtro; audio, que contiene un tambor y una flauta, que permite ejercitar el conteo de cantidades continuas y discontinuas; y una bomba que borra todo el escritorio.





Rakin: Desarrollo de una herramienta digital para promover el desarrollo de habilidades matemáticas iniciales

Organización del espacio. Una importante funcionalidad de la interfaz permite organizar el espacio de escritorio virtual en una, dos o tres ventanas para facilitar la creación de actividades, con foco en la categorización, el conteo, la comparación de conjuntos y el desarrollo de situaciones de aritmética básica. Por ejemplo, para hacer patrones o para realizar actividades iniciales de conteo es preferible utilizar una sola ventana, mientras que para comparar o igualar cantidades es más fácil hacerlo con dos ventanas, y para comprender relaciones parte, parte, todo o para desarrollar operaciones matemáticas básicas es mejor hacerlo con tres. Las ventanas tienen la función de nombrar la cantidad de objetos que hay, lo que permite apoyar el aprendizaje del conteo. La figura 3 muestra la interfaz de las ventanas.

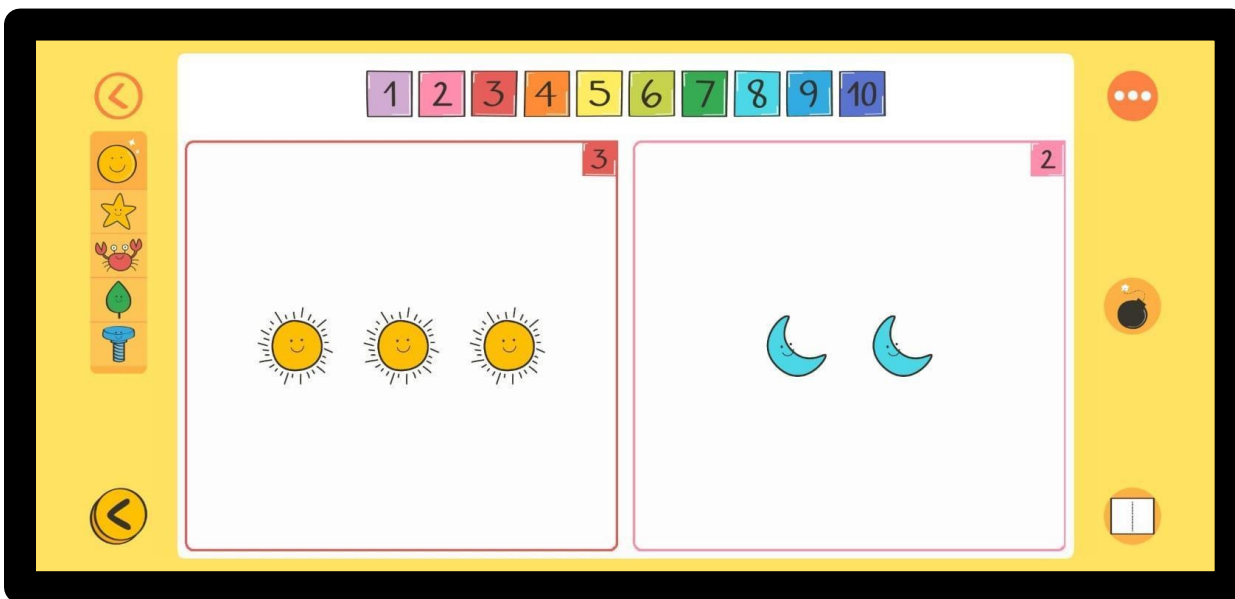


Figura 3
Captura de pantalla del escritorio virtual con elementos repartidos en dos ventanas.

Recta numérica. Otro elemento fundamental del escritorio es la recta numérica. La recta visible de manera permanente permite a los niños recurrir a esta para solucionar dudas que se presenten durante las actividades. Además, la posibilidad de un conteo sonoro apoya la adquisición de la secuencia numérica y del conteo, pues la secuencia oral de palabras actúa como andamiaje cuando el niño la recita al momento de contar elementos concretos. Por otra parte, la recta actúa de manera interactiva con las herramientas de audio, reforzando el conteo de cantidades continuas y discontinuas. Para las cantidades discontinuas el audio





Rakin: Desarrollo de una herramienta digital para promover el desarrollo de habilidades matemáticas iniciales

se compone de una secuencia de sonidos aislados con correspondencia uno a uno con la cantidad que se marca en la recta; y en el caso de las cantidades continuas el audio que acompaña al tiempo de conteo es un sonido continuo, que termina cuando pasa determinado tiempo y se marca una cantidad específica.

2. Biografías de mujeres

En este módulo se presentan las biografías de mujeres que han hecho importantes aportes a las ciencias y las matemáticas. Se pensó en un espacio en donde pudieran encontrarse biografías de mujeres de distintos países, épocas y disciplinas. Esto para evidenciar que los aportes de las mujeres a las ciencias siempre han estado presentes y vienen de cualquier época o región geográfica. También, se buscaron las biografías de mujeres contemporáneas tratando de tomar distancia de las presentaciones de biografías clásicas. La interfaz de la presentación de las biografías es sencilla. Se accede a través de una imagen icónica de la persona y se despliega una ilustración interactiva en donde se muestra información relacionada con su nacionalidad, fecha de nacimiento y principales habilidades, por ejemplo, comunicativas, de creatividad etc. La síntesis biográfica puede ser leída o escuchada al presionar un icono.

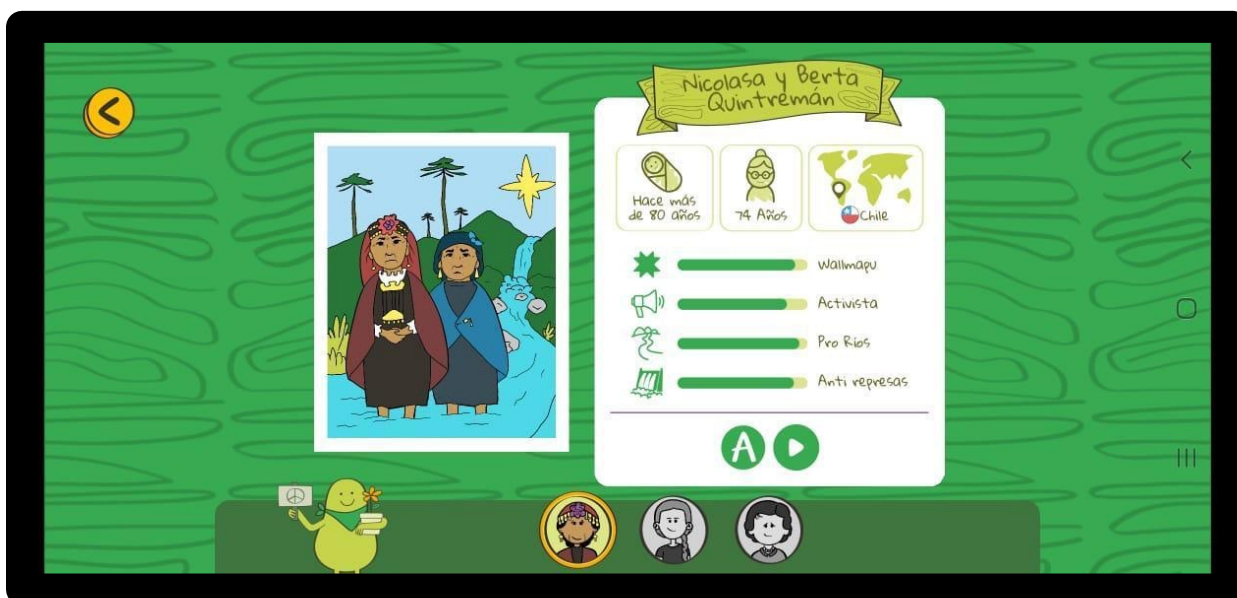


Figura 4
Ejemplo de la interfaz de biografías de mujeres.



3. Juegos

Rakin tiene una sección de juegos para ejercitar las actividades realizadas con el escritorio virtual. Los juegos están organizados de acuerdo al grado de dificultad, el cual se determina según el nivel de desarrollo al que corresponden las habilidades a trabajar. De este modo, los primeros juegos ejercitan habilidades de numerosidad y series lógicas; mientras que los últimos implican el manejo de cardinalidad y problemas sencillos de adición. La figura 5 muestra la interfaz tipo que los usuarios pueden encontrar en la aplicación.

Los juegos interactúan con los participantes indicando éxitos y errores. El diseño de la retroalimentación se hizo considerando las necesidades de los usuarios, a través de este tipo de mensajes se les da información acerca de su desempeño, lo que les permite mantener o modificar determinadas conductas. Tal como los juegos están calibrados por complejidad progresiva, los ítems dentro de ellos también están graduados por dificultad. Es decir, dentro de cada juego los primeros intentos siempre serán los más sencillos mientras que los últimos serán los más difíciles. El juego se ajusta a las necesidades del niño, aumentando la complejidad de los ítems a medida que el niño va entregando las respuestas correctas. Los juegos tienen instrucciones sencillas, escritas y grabadas, así como una pequeña animación al inicio para mostrar al usuario cómo interactuar con la interfaz. Finalmente, los gestos necesarios para jugar son sencillos pensando en usuarios con compromisos motores, cognitivos y sensoriales.

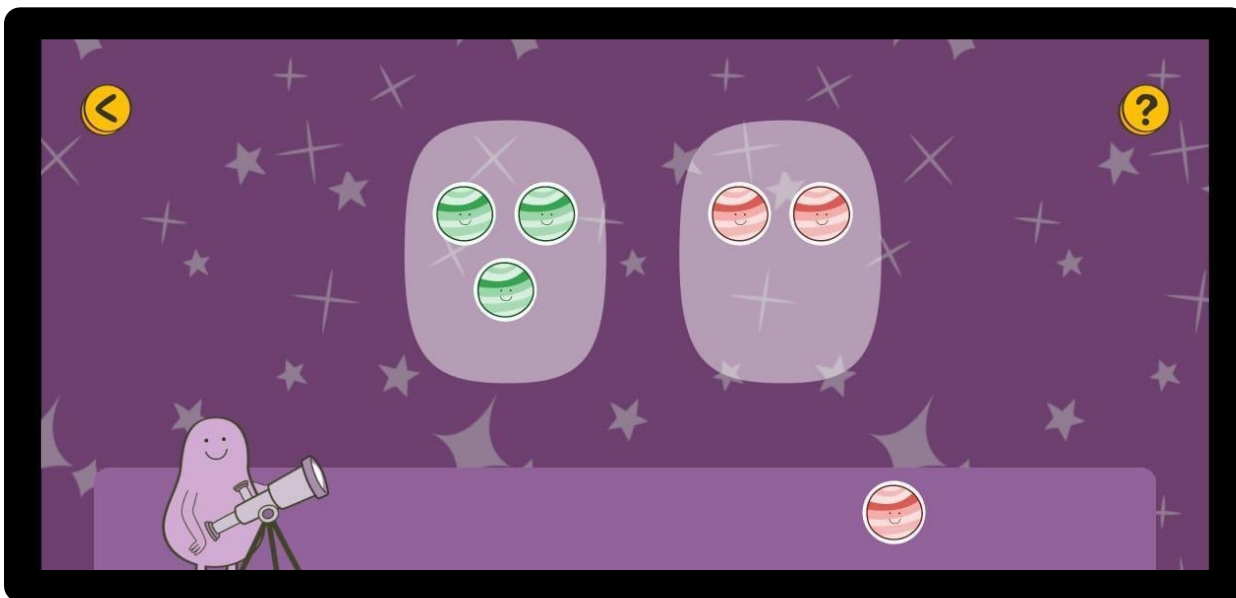


Figura 5
Juego de clasificación correspondiente al nivel basal





4. Aportes pueblos originarios

El último módulo de la aplicación está dedicado a los aportes de algunos pueblos originarios latinoamericanos al conocimiento científico y matemático. En esta sección se incluyeron los aportes de los Mayas, Aztecas, Pueblos Altiplánicos y Mapuche. Al igual que en los módulos anteriores, los aportes están organizados por disciplinas. Por ejemplo, la sustentabilidad está representada por los aportes del pueblo Mapuche, mientras que las matemáticas por los Mayas y la tecnología por los Aztecas. Cuando el usuario selecciona algún pueblo, se despliega una imagen acompañada de un texto y su audio respectivo que cuentan sobre los aportes de cada pueblo. Siempre es posible repetir y pausar los audios (ver figura 6).



Figura 6
Aportes de la cultura Maya a la astronomía



5. Otros insumos

Además de la aplicación, Rakin incluye otros desarrollos tales como un manual de usuario que describe la aplicación y sugerencias para elaborar actividades pedagógicas. También se grabaron cápsulas multimodales en formato Youtuber, en donde la protagonista es una narradora sorda que relata los principales aportes de los pueblos originarios y de las mujeres a la ciencia y las matemáticas en Lengua de Señas chilena (ver figura 7). Finalmente, se diseñó un sitio de lanzamiento de la aplicación (www.rakin.cedeti.cl). Desde este sitio los usuarios pueden descargar la aplicación, el manual técnico pedagógico y pueden visualizar los videos.



Figura 7

Captura de pantalla de cápsula de mujeres en la ciencia





Versión para computador

Dado que Rakin fue desarrollado en tiempo de pandemia de COVID 19, surgió la necesidad de utilizarlo como herramienta para la educación remota, por lo que se elaboró una versión que pudiese utilizarse en computadores de manera que, mediante la herramienta compartir pantalla de aplicaciones de videoconferencia, pudiese realizarse una utilización colaborativa de Rakin entre profesores y alumnos. Esta versión también es descargable de manera gratuita y permite su uso en computadores Mac y PC.

A continuación, se presenta una descripción del proceso de desarrollo de Rakin.

1. Maqueta

Para diseñar la maqueta inicial se consideraron las habilidades matemáticas básicas a desarrollar en la Educación Parvularia, teniendo presente tanto lo contemplado en las Bases Curriculares como lo descrito en el modelo teórico de olas superpuestas (*Fritz et al. 2017*). Además, se consideró siempre el uso de elementos lúdicos, pues tal como se describe en las Bases Curriculares de Educación Parvularia, es uno de los principios fundamentales de esta etapa educativa.

Para contar con una herramienta flexible, lúdica e inclusiva que permitiera promover el desarrollo de las habilidades matemáticas básicas, lo primero fue considerar elementos visuales manipulables que permitieran llevar a cabo estas tareas de forma similar a cómo se estimulan en la sala de clases, es decir, de la manera más concreta posible. Luego, se plantearon distintas formas de manipulación y organización de estos elementos, buscando favorecer el desarrollo de diversas actividades. Estas formas de uso fueron organizadas a través de “mock ups” o maquetas digitales que permitieron evaluar las funcionalidades básicas de la aplicación, así como la navegación de la interfaz.

Las primeras pruebas se realizaron con el equipo de desarrollo y permitieron identificar algunas mejoras tempranas al diseño tales como la organización de los contenidos a través de los mundos y el acceso a la aplicación a través de un menú inicial.

Con la maqueta funcional también fue posible tener una idea temprana con respecto a la usabilidad de la aplicación, especialmente respecto del coste cognitivo para su navegación.





Rakin: Desarrollo de una herramienta digital para promover el desarrollo de habilidades matemáticas iniciales

En este sentido, la lógica del desarrollo de la aplicación era hacerlo lo más sencilla y fácil de navegar tanto por los niños como por mediadores, es decir, que requiriera de la menor cantidad de gestos o acciones por parte de los usuarios para su funcionamiento. Es así como se optó por un menú visual, a través de iconos que representaran las principales funciones de la aplicación, esto con el fin de hacer la funcionalidad más inclusiva, prescindiendo del componente lector para su utilización.

2. Gestos y Funcionalidad

Un elemento clave en el desarrollo fue definir los gestos necesarios para interactuar con la aplicación. Los gestos pueden ser los toques, los barridos o las secuencias de movimientos necesarios para ejecutar una acción en la interfaz. En este sentido, se cuidó que los gestos necesarios para interactuar con la interfaz fueran sencillos y universales. Por ejemplo, los objetos se seleccionan con solo tocarlos y se pueden mover con solo deslizarlos. Por otra parte, los objetos se pueden seleccionar desde un menú de categorías organizadas por ámbitos de conocimiento. Por ejemplo, al presionar el icono de la astronomía se despliegan un conjunto de imágenes relacionadas con la astronomía, como planetas, telescopios, estrellas. Al seleccionar alguna de estas imágenes aparecen en la interfaz del escritorio virtual.

Otra función que se definió en el proceso de desarrollo de la maqueta fueron las distintas posibilidades de agrupación. Al agregar las imágenes al escritorio virtual, por defecto estas se ubican de manera organizada, incluso automáticamente cambian su tamaño para un mejor ajuste al tamaño de la pantalla. Sin embargo, se creó un botón que permite romper el agrupamiento y el usuario puede colocar libremente las imágenes en el escritorio. Esto puede ser utilizado, por ejemplo, para promover el desarrollo de la noción de conservación de cantidades discontinuas.

En la fase de maqueta también se definió la incorporación de la recta numérica hasta el 10 con el objetivo de promover el desarrollo del conteo y la adquisición de la secuencia numérica, y se definió la posibilidad de definir la pantalla en dos o tres espacios para trabajar la cardinalidad, el conteo, la noción de conjunto (*parte, parte, todo*) y para desarrollar nociones básicas de operatoria.

La maqueta también incorporó la presencia de juegos para promover nociones de clasificación, seriación, patrones, conteo, ordinalidad, cardinalidad y operatoria matemática básica.





3. Desarrollo de medios

La aplicación requirió del desarrollo de medios. Estos fueron tanto los estímulos visuales manipulables como el diseño de la interfaz, el desarrollo de personajes, las instrucciones visuales y los audios. De manera paralela se desarrollaron las biografías de mujeres, las reseñas de los aportes de pueblos indígenas, las ilustraciones relativas a esto, y todos los medios relacionados con las cápsulas inclusivas multimodales. El desarrollo de estos medios visuales fue cuidadoso prefiriendo estímulos neutros con alto contraste y pocos detalles, privilegiando solo los más distintivos para diferenciar el estímulo. La idea de la aplicación es que fuera lo más inclusiva posible, por lo que se desarrolló desde el modelo de diseño inclusivo (Clarkson et al., 2013). Básicamente este modelo plantea que mediante el diseño se puede maximizar el acceso a la información. Es por esto que se buscó que la interacción con la herramienta fuera lo más intuitiva y menos dependiente de instrucciones verbales posible.

4. Revisión por usuarias expertas

Una vez desarrollada la maqueta inicial se envió el link de descarga a 3 educadoras expertas, dentro de este grupo se contó con dos educadoras de aula y una educadora dedicada a la formación inicial de educador es de párvulos. Se solicitó a estas educadoras revisar la aplicación en base a una pauta de análisis y se les solicitó realizar una actividad en función a una guía de desarrollo. Las educadoras enviaron sus evaluaciones al equipo y se consideraron sus sugerencias al momento de realizar las modificaciones finales de la herramienta.

5. Desarrollo del manual de usuario

Una vez diseñada la maqueta inicial se procedió a generar un manual de actividades, el cual incluye la descripción del modelo teórico subyacente e incorpora actividades para los distintos niveles. Las actividades permiten orientar el trabajo que se puede realizar con los niños y niñas especialmente en el escritorio virtual.





6. Usabilidad y pruebas

Luego de la retroalimentación con la maqueta y en base a las sugerencias de las educadoras se desarrolló la primera versión del software. Con esta versión, que ya incluía todas las funcionalidades y actividades, se llevaron a cabo las pruebas de usabilidad con usuarios. Estas pruebas se tuvieron que desarrollar de manera remota debido al contexto de pandemia. Para llevarlas a cabo se contactó a educadoras de párvulos, quienes instalaron la aplicación en sus propios dispositivos y a quienes se les pidió llevar a cabo tareas específicas con la aplicación. Por ejemplo, se les solicitó diseñar una actividad de numerosidad y de conteo basadas en las instrucciones del manual de usuario.

¿Por qué Rakin se presenta como una herramienta libre de sesgos que apoya el interés temprano por las ciencias?

Rakin es una herramienta tecnológica diseñada para apoyar la estimulación de habilidades matemáticas tempranas libre de sesgos de género. Para esto, el equipo ha sido cuidadoso con estos aspectos en su construcción. En este sentido, una de las primeras decisiones fue la elección de la imagen y personajes que aparecen en la aplicación. Lo que se decidió fue crear personajes de fantasía sin un género determinado. Otro elemento clave para garantizar que la aplicación sea lo más inclusiva posible fue la evaluación de usabilidad. La evaluación de usabilidad garantiza que los usuarios naveguen libre y fluidamente en la aplicación. En este contexto surgen lineamientos basados en el diseño inclusivo que consideran temas de género (*Burnett et al., 2016*), los cuales también fueron recogidos en el diseño de Rakin.

Adicionalmente, fueron creados materiales inclusivos por medio de cápsulas multimodales en donde se abordaron los contenidos de las biografías de mujeres en ciencia y los saberes ancestrales. Además de los contenidos de carácter inclusivo, lo novedoso de estas cápsulas fue que su protagonista es una persona sorda, quien narra el contenido en lengua de señas y se acompaña de audios a los videos.





Conclusiones y perspectivas

El desarrollo de las habilidades matemáticas es fundamental para la vida. El logro de las habilidades matemáticas complejas requiere de la adquisición previa de habilidades básicas necesarias para la consolidación del concepto de número y la comprensión del sistema de numeración decimal. Las diferencias existentes en el desarrollo matemático inicial implican el desarrollo de brechas cada vez más grandes entre los estudiantes (*Rosas & Santa Cruz, 2013*), las que pueden relacionarse con características de los y las estudiantes como pueden ser el género, el nivel socioeconómico y la discapacidad, que reflejan un acceso inequitativo a las oportunidades de aprendizaje. Por esto es necesario contar con una educación matemática temprana libre de sesgos y estereotipos que favorezca por igual a niños y niñas (*Boston & Cimpian, 2018*) y que considere las necesidades particulares de estudiantes de distintos niveles socioeconómicos y con diversas condiciones de discapacidad (*Wei et al., 2013*).

En este contexto, no basta con explicitar las habilidades matemáticas que hay que estimular, sino que también diseñar metodologías atractivas para la Educación Parvularia, accesibles y personalizables para las distintas características de las y los usuarios y sensibles a los posibles estereotipos de género que puedan transmitir, que permita generar interés y motivación por esta área desde los primeros años, particularmente en las niñas, y que reduzca las barreras de acceso a las personas con discapacidad. El diseño de aplicaciones gratuitas, de fácil descarga y acompañadas por manuales de uso, puede contribuir también a ampliar la oferta y uso de material de este tipo en jardines infantiles y en los hogares, independientemente del nivel socioeconómico y favorecer globalmente una perspectiva inclusiva en el aprendizaje de las matemáticas.

Si bien futuras investigaciones debieran aportar evidencia respecto de los resultados del uso sistemático de Rakin en contextos de Educación Parvularia, se espera mientras tanto el recurso didáctico gratuito aumente las oportunidades de acceso a los contenidos del aprendizaje matemático inicial en niños y niñas de etapa parvularia y aquellos de más edad que puedan beneficiarse de su uso.





Referencias

- Agencia de Calidad de la Educación. (2019). Resultados educativos 2018. https://archivos.agenciaeducacion.cl/Conferencia_EERR_2018.pdf
- Aragón, E., Cerda, G., Aguilar, M., Mera, C., & Navarro, J. I. (2021). Modulation of general and specific cognitive precursors to early mathematical competencies in preschool children. *European Journal of Psychology of Education*, 36(2), 405-422.
- Arias, P. (2020). Análisis resultados TIMSS 2019. Santiago de Chile: Fundación acción EDUCAR.
- Blackorby, J., & Knokey, A. M. (2006). A national profile of students with hearing impairments in elementary and middle school: A special topic report from the Special Education Elementary Longitudinal Study. Menlo Park, CA: SRI International.
- Boston, J. S., & Cimpian, A. (2018). How do we encourage gifted girls to pursue and succeed in science and engineering?. *Gifted Child Today*, 41(4), 196-207.
- Burnett, M., Stumpf, S., Macbeth, J., Makri, S., Beckwith, L., Kwan, I., Peters, A. & Jernigan, W. (2016). GenderMag: A method for evaluating software's gender inclusiveness. *Interacting with Computers*, 28(6), 760-787. <https://doi.org/10.1093/iwc/iwv046>
- Cirino, P. T. (2011). The interrelationships of mathematical precursors in kindergarten. *Journal of Experimental Child Psychology*, 108(4), 713-733.
- Colliver, Y., & Veraksa, N. (2019). The aim of the game: A pedagogical tool to support young children's learning through play. *Learning, Culture and Social Interaction*, 21, 296-310.
- Chambers, D. (2020). Assistive technology supporting inclusive education: existing and emerging trends. *Assistive technology to support inclusive education*, 14, 1-16
- Clarkson, P. J., Coleman, R., Keates, S., & Lebbon, C. (2013). Inclusive design: Design for the whole population.
- Danielsson, K., & Selander, S. (2016). Reading Multimodal Texts for Learning-A Model for Cultivating Multimodal Literacy. *Designs for learning*, 8(1), 25-36.





Rakin: Desarrollo de una herramienta digital para promover el desarrollo de habilidades matemáticas iniciales

- Díaz-Pinzón, J. E. (2021). Análisis de los resultados de la prueba pisa 2018 en matemáticas para América. *Revista de Investigaciones Universidad del Quindío*, 33(1), 104-114.
- Escobar, J. P., Rosas-Díaz, R., Ceric, F., Aparicio, A., Arango, P., Arroyo, R., Espinoza, V., Garolera, M., Pizarro, M., Porflitt, F., Ramírez, M. P., & Urzúa, D. (2018). The role of executive functions in the relation between socioeconomic level and the development of reading and maths skills. *Cultura y Educación*, 30(2), 368-392. <https://doi.org/10.1080/11356405.2018.1462903>
- Fastame, M. C. (2020). Intervention programmes for students with dyscalculia: Living with the condition. In *Understanding Dyscalculia (pp. 41-64)*. Routledge.
- Fritz, A., Ehlert, A., Ricken, G., & Balzer, L. (2017). Marko-D1+ Mathematik- und rechenkonzpete bei kindern der ersten klassenstufe - Diagnose. Hogrefe.
- Jarvin, L. (2015). Edutainment, games, and the future of education in a digital world. *New directions for child and adolescent development*, 2015(147), 33-40. <https://doi.org/10.1002/cad.20082>
- Jewitt, C. (2012). *Technology, literacy, learning: A multimodal approach*. Routledge.
- Krathwohl, D. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: An overview. *Theory Into Practice*, 41(4), 212-218.
- Kucian, K. (2021). Developmental course of numerical learning problems in children and how to prevent dyscalculia: A summary of the longitudinal examination of children from kindergarten to secondary school. In *Heterogeneous Contributions to Numerical Cognition (pp. 229-251)*. Academic Press.
- Liu, Y., & Zhang, X. (2022). Spatial skills and counting sequence knowledge: Investigating reciprocal longitudinal relations in early years. *Early Childhood Research Quarterly*, 59, 1-11.
- McTigue, E. M., Solheim, O. J., Zimmer, W. K., & Uppstad, P. H. (2019). Critically Reviewing GraphoGame Across the World: Recommendations and Cautions for Research and Implementation of Computer-Assisted Instruction for Word-Reading Acquisition. *Reading Research Quarterly*, 55(1), 45-73. <https://doi.org/10.1002/rrq.256>





Rakin: Desarrollo de una herramienta digital para promover el desarrollo de habilidades matemáticas iniciales

- Ministerio de Educación de Chile. (2018). Bases Curriculares de la Educación Parvularia. Gobierno de Chile. https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-69957_bases.pdf
- Mizala, A. (2018). Género, cultura y desempeño en matemáticas. *Anales de la Universidad de Chile*, 14, 125-150.
- Noorian, M., Maleki, S. A., & Abolhassani, M. (2013). Comparing of mathematical students of deaf and normal types. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 7(6), 367-370.
- Nogues, C. P., & Dorneles, B. V. (2021). Systematic review on the precursors of initial mathematical performance. *International Journal of Educational Research Open*, 2, 100035.
- Passolunghi, M. C., & Costa, H. M. (2016). Working memory and early numeracy training in preschool children. *Child Neuropsychology*, 22(1), 81-98.
- Piaget, J. (1981). La teoría de Piaget. *Infancia y Aprendizaje*, 4(2), 13-54.
- Raghubar, K. P., & Barnes, M. A. (2017). Early numeracy skills in preschool-aged children: a review of neurocognitive findings and implications for assessment and intervention. *The Clinical Neuropsychologist*, 31(2), 329-351.
- Rosas, R., & Santa Cruz, C. (2013). Dime en que colegio estudiaste y te diré que CI tienes. *Radiografía al desigual acceso al capital cognitivo en Chile*. Ediciones Universidad Católica de Chile.
- Santos, F. H., Ribeiro, F. S., Dias-Piovezana, A. L., Primi, C., Dowker, A., & von Aster, M. (2022). Discerning developmental dyscalculia and neurodevelopmental models of numerical cognition in a disadvantaged educational context. *Brain Sciences*, 12(5), 653.
- Seitz, M., & Weinert, S. (2022). Numeracy skills in young children as predictors of mathematical competence. *British Journal of Developmental Psychology*.
- Talan, T. (2020). The Effect of Mobile Learning on Learning Performance: A Meta-Analysis Study. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 20(1), 79-103.





Rakin: Desarrollo de una herramienta digital para promover el desarrollo de habilidades matemáticas iniciales

- Vargas Diaz, C., & Matus Correa, C. (2022). Brechas persistentes de género en matemáticas en las pruebas nacionales chilenas Simce. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 48(1), 389-400. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052022000100389>
- Vigna, G., Ghidoni, E., Burgio, F., Danesin, L., Angelini, D., Benavides-Varela, S., & Semenza, C. (2022). Dyscalculia in Early Adulthood: Implications for Numerical Activities of Daily Living. *Brain Sciences*, 12(3), 373. <https://doi.org/10.3390/brainsci12030373>
- Veraksa, N., Samuelsson, I. P., & Colliver, Y. (2022). Early child development in play and education: A cultural-historical paradigm. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.968473>
- Wei, X., Lenz, K. B., & Blackorby, J. (2013). Math Growth Trajectories of Students With Disabilities: Disability Category, Gender, Racial, and Socioeconomic Status Differences From Ages 7 to 17. *Remedial and Special Education*, 34(3), 154-165. <https://doi.org/10.1177/0741932512448253>

